

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
14 octobre 2004 (14.10.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/087343 A1(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : B06B 1/16,  
B64C 27/00(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/000477

(22) Date de dépôt international : 1 mars 2004 (01.03.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
03/03412 20 mars 2003 (20.03.2003) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : EU-  
ROCOPTER [FR/FR]; Aéroport International Marseille-  
Provence, F-13725 Marignane Cedex (FR).

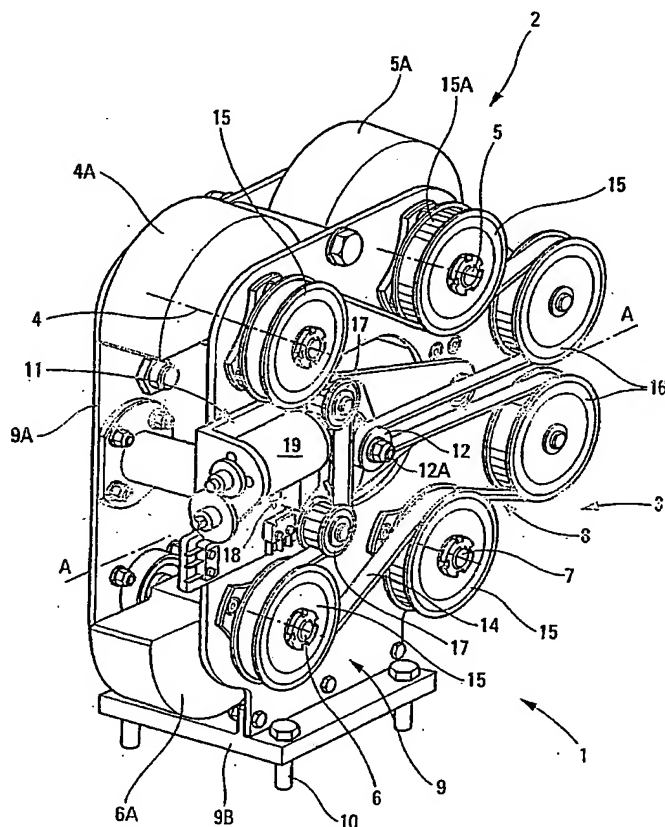
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : MANFRE-  
DOTTI, Thomas [FR/FR]; 872, route de Cagnes, F-06480  
La Colle sur Loup (FR). SEQUERA, Damien [FR/FR];  
919, chemin du Mas Baron, F-30900 Nîmes (FR).(74) Mandataire : GPI & ASSOCIÉS; Herard, Paul, EuroParc  
de Pichauray, 1330, rue Guilibert de la Lauzière, Bâtiment  
D1, F-13856 Aix en Provence Cedex 3 (FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ANTI-VIBRATORY DEVICE WITH ROTARY COMPENSATION WEIGHTS

(54) Titre : DISPOSITIF ANTIVIBRATOIRE A MASSELOTTES ROTATIVES



(57) Abstract: An anti-vibratory device with rotary compensation weights. According to the invention, said device comprises two sets (2, 3) of two identical rotors (4, 5-6, 7) with respective eccentric compensation weights (4A, 5A -6A, 7A), said units being symmetrically disposed in relation to an axis of symmetry and the axes of rotation of said rotors being parallel between themselves and orthogonal in relation to the axis of symmetry; and a rotational drive system (8) for said rotors. Advantageously, the inventive device comprises controllable mobile equipment (11) carrying said drive system (8) and being able to slide along the axis of symmetry in order to drive the dephasing of the rotors with eccentric compensation weights associated with the sets.

(57) Abrégé : Dispositif antivibratoire à masselottes rotatives. Selon l'invention, ce dispositif comporte deux ensembles (2, 3) de deux rotors identiques chacun (4, 5-6, 7), à masselottes excentrées respectives (4A, 5A -6A, 7A), lesdits ensembles étant disposés symétriquement par rapport à un axe de symétrie, et les axes de rotation desdits rotors étant parallèles entre eux et orthogonaux audit axe de symétrie, un système d'entraînement (8) en rotation desdits rotors. Avantageusement, il comprend notamment un équipement mobile commandable (11) portant ledit système d'entraînement (8) et pouvant coulisser le long dudit axe de symétrie pour entraîner le déphasage des rotors à masselottes excentrées des ensembles.



PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

« Dispositif antivibratoire à masselottes rotatives ».

La présente invention concerne un dispositif antivibratoire.

Plus particulièrement, quoique non exclusivement, le  
5 dispositif selon l'invention est destiné à être monté, dans son  
application préférentielle, à bord d'aéronefs, notamment dans la  
cabine d'un aéronef à voilure tournante comme l'hélicoptère, mais  
il pourrait bien entendu être utilisé pour toute autre application dès  
l'instant où l'on souhaite réduire, voire supprimer, des vibrations  
10 engendrées par un corps en mouvement.

Le problème du contrôle des vibrations dans une cabine  
d'hélicoptère est décrit en détail dans le préambule du brevet FR-2  
770 825 (US-6067 853). En résumé, les principales vibrations  
existantes sont dues à la rotation du rotor principal de sustentation  
15 et d'avance et à l'écoulement de la veine d'air le long du fuselage  
de l'hélicoptère.

Pour tenter d'absorber ces vibrations apparaissant dans la  
cabine, on a proposé des dispositifs antivibratoires à résonateur  
qui agissent par résonance à une fréquence prédéterminée pour  
20 réduire les vibrations présentant cette fréquence. Leur efficacité  
est malgré tout limitée puisqu'ils n'agissent que sur des vibrations  
ayant la fréquence prédéterminée et non sur les autres vibrations.

De plus, ce type de dispositifs devient inefficace lorsque les  
vibrations à réduire changent de fréquences.

25 Le dispositif antivibratoire du type à résonateur commandable  
décrit dans ce brevet antérieur permet de traiter des vibrations à  
fréquences variables. Pour cela, le résonateur est utilisé comme  
actionneur dans un système à boucle fermée et les mesures

vibratoires issues de capteurs placés sur l'hélicoptère sont analysées par une unité de commande qui délivre le signal de commande pour chaque actionneur, de façon à minimiser les niveaux vibratoires aux points de mesure. Bien que donnant des  
5 résultats intéressants, ce dispositif antivibratoire présente un certain nombre d'inconvénients tels qu'une masse élevée (une dizaine de kilogrammes pour chaque résonateur), ce qui est toujours pénalisant dans le domaine aéronautique, et une consommation d'énergie importante pour traiter efficacement les  
10 niveaux vibratoires rencontrés sur les hélicoptères.

Pour remédier à ces inconvénients, des dispositifs antivibratoires d'une autre conception ont été développés et font appel à l'utilisation de balourd tournant pour créer un effort contrecarrant les vibrations à réduire. Les brevets américain US-5  
15 903 077 et européen EP-O 337 040 enseignent de tels dispositifs.

Le dispositif antivibratoire ou générateur de force vibratoire modulaire décrit dans ce brevet américain se compose de modules ou ensembles comportant chacun un moteur, entraînant par engrenage une paire de rotors dentés coopérants à masses  
20 excentrées respectives, de sorte que le centre de gravité de chacun d'eux n'est pas situé sur son axe de rotation. Ainsi, la rotation de chaque rotor produit un balourd tournant et, comme ils sont disposés dans le même plan, ils produisent des balourds identiques mais tournant en sens inverses. Il en résulte un effort  
25 sinusoïdal dans la direction perpendiculaire au plan contenant les axes de rotation des rotors, car les composantes des balourds dans ce plan sont opposées et de ce fait s'annulent.

En général, le générateur comprend deux modules identiques associés pour obtenir un effort résultant réglable dont l'amplitude  
30 dépend du déphasage entre les modules et dont la fréquence est égale au régime de rotation des rotors.

Une unité de commande pilote et régule le déphasage entre les modules et le régime de rotation des rotors, de sorte que les vibrations de fréquence quelconque peuvent être réduites.

Le dispositif antivibratoire décrit dans le brevet européen ci-dessus mentionné comprend de façon analogue deux ensembles identiques de deux rotors chacun, à masselottes excentrées respectives, les deux ensembles étant disposés symétriquement par rapport à un axe de symétrie et lesdits rotors à masselottes excentrées, à axes parallèles entre eux et orthogonaux à l'axe de symétrie, sont entraînés en rotation par des moteurs respectifs qui sont asservis pour tourner à la même vitesse. Un tel dispositif peut ainsi s'adapter aux fluctuations en amplitude, en phase et en fréquence des vibrations que l'on souhaite atténuer.

Bien que ces dispositifs antivibratoires à balourd tournant apportent un progrès notable dans le traitement des vibrations, ils présentent néanmoins des inconvénients, en particulier :

- une augmentation du niveau vibratoire (au lieu d'une diminution) en cas de panne. En effet, si pour une cause quelconque les moteurs des deux modules ne tournent plus à la même vitesse, l'effort vibratoire résultant n'est plus contrôlé, ce qui entraîne immédiatement une forte dégradation du confort, qui devient sensiblement plus mauvais qu'en l'absence de traitement ;

- une unité de contrôle assez complexe car elle doit assurer la synchronisation des modules pendant la phase de montée en régime du moteur, ce qui complique les algorithmes de contrôle et augmente d'autant le risque de panne, et ;

- un coût relativement élevé en raison du nombre de composants "nobles" : plusieurs moteurs, jeux d'engrenages et unité de contrôle complexe puisqu'elle doit synchroniser les

vitesses des moteurs et asservir leur déphasage pour réaliser un système actif.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients.

5       A cet effet, le dispositif antivibratoire du type comportant au moins deux ensembles de deux rotors identiques chacun, à masselottes excentrées respectives, lesdits ensembles étant disposés symétriquement par rapport à un axe de symétrie et les axes de rotation desdits rotors étant parallèles entre eux et  
10 orthogonaux audit axe de symétrie, un système d'entraînement en rotation desdits rotors, est remarquable, selon l'invention :

- en ce qu'il comprend un équipement mobile commandable portant ledit système d'entraînement et pouvant coulisser le long  
15 dudit axe de symétrie pour entraîner le déphasage des rotors à masselottes excentrées des ensembles ; et

- en ce que ledit système d'entraînement comporte un moteur unique pour la rotation desdits rotors, à axe agencé perpendiculairement audit axe de symétrie, qui entraîne un lien sans fin passant autour desdits rotors, de sorte que les longueurs  
20 des brins du lien passant dans lesdits ensembles sont égales.

Ainsi, grâce à l'invention, un effort vibratoire stable d'amplitude et d'orientation déterminées peut être engendré par le dispositif en déplaçant simplement le long de l'axe de symétrie l'équipement mobile portant le moteur unique et qui entraîne, via  
25 ledit lien, le déphasage progressif des rotors de chaque ensemble pour amener les masselottes excentrées jusqu'à la position souhaitée. En effet, quand le moteur unique tourne et que l'équipement mobile est fixe, les deux brins symétriques passant dans les ensembles ont des vitesses de déplacement identiques et

de même module mais de sens différents puisque, par symétrie, l'un des brins traversant son ensemble s'éloigne du moteur unique, tandis que l'autre brin se rapproche de celui-ci. Il en résulte que, quand l'équipement mobile auquel est lié ledit moteur unique se  
5 déplace à une vitesse donnée, il impose son mouvement aux deux brins, et à la vitesse de déplacement de l'un des brins s'ajoute la vitesse de déplacement de l'équipement mobile, et, à la vitesse de déplacement de l'autre brin se retranche la vitesse dudit équipement. De la sorte, pendant le déplacement de l'équipement  
10 mobile, les deux rotors d'un même ensemble sont animés d'une vitesse différente de celle des rotors de l'autre ensemble, ce qui entraîne le déphasage progressif des masselottes excentrées.

On peut donc moduler aisément l'amplitude et la direction de l'effort vibratoire résultant à fournir en fonction des vibrations à  
15 réduire, en déphasant lesdites masselottes excentrées, alors que sa fréquence est commandée par le régime de rotation du moteur unique.

De plus, comme le moteur du système d'entraînement est unique, les rotors ont tous le même régime de rotation, imposé par  
20 le moteur unique. L'effort vibratoire résultant est en conséquence très stable et parfaitement maîtrisé. En outre, en cas de rupture du lien sans fin ou d'une panne du moteur unique, les quatre rotors s'arrêtent simultanément, de sorte que le niveau vibratoire de la structure va alors remonter jusqu'à sa valeur initiale sans dispositif  
25 antivibratoire mais ne pourra la dépasser, contrairement aux dispositifs antérieurs décrits préalablement.

Par ailleurs, le déphasage final obtenu après l'arrêt de l'équipement mobile dépend de la durée de déplacement dudit équipement, c'est-à-dire de son déplacement effectif le long de  
30 l'axe de symétrie. Avantageusement, le déphasage  $\varphi$  entre les

rotors à masselottes excentrées symétriquement en vis-à-vis par rapport à l'axe de symétrie, est alors égal à la relation  $2\frac{d}{r}$ , où  $d$  correspond au déplacement linéaire dudit équipement mobile le long dudit axe de symétrie et  $r$  correspond au rayon d'enroulement identique du lien sans fin autour du centre desdits rotors.

En particulier, la course du déplacement linéaire dudit équipement mobile est délimitée par deux positions extrêmes, une première position pour laquelle le déphasage entre les rotors à masselottes du premier ensemble et ceux du second ensemble est nul, et une seconde position pour laquelle le déphasage est égal à  $180^\circ$ .

L'effort vibratoire résultant peut ainsi varier d'une amplitude maximale, quand le déphasage entre les rotors à masselottes du premier ensemble et ceux du second ensemble est nul, à une amplitude nulle, quand le déphasage entre ceux-ci est de  $180^\circ$ , la fréquence dudit effort vibratoire étant égale au régime de rotation commun des rotors entraînés par le moteur unique.

Par ailleurs, le dispositif comporte de préférence au moins un servomoteur pour asservir la position dudit équipement mobile, une pluralité de capteurs mesurant la position desdits rotors pour calculer le déphasage entre lesdits ensembles et une loi de régulation et d'asservissement de la rotation dudit moteur unique.

Dans un mode préféré de réalisation, ledit équipement commandable est un chariot coulissant selon ledit axe de symétrie et supportant ledit moteur unique. De plus, ledit lien sans fin est une courroie et s'enroule autour de poulies, montées coaxialement sur lesdits rotors et sur ledit moteur unique, contenues dans un même plan. On remarque la simplicité de réalisation du système d'entraînement, sans asservissement, constitué d'un unique moteur

entraînant une courroie et des poulies, lui assurant ainsi une fiabilité élevée et une maintenance réduite.

Pour éviter l'apparition de glissement entre le lien et les rotors, ladite courroie est crantée et coopère avec des dentures  
5 correspondantes ménagées sur lesdites poulies.

Par ailleurs, ledit équipement mobile commandable comporte également au moins un galet de mise sous tension dudit lien sans fin.

Dans un mode préféré de réalisation, les deux ensembles de  
10 deux rotors sont portés par un bâti pouvant être fixé à une structure vibrante, ledit équipement mobile commandable étant monté de façon coulissante sur ledit bâti selon l'axe de symétrie des deux ensembles.

De plus, ledit dispositif anti-vibratoire comprend, pour chaque  
15 ensemble de rotors, un galet rotatif intermédiaire coopérant avec ledit lien pour assurer l'entraînement contrarotatif des deux rotors, les deux galets rotatifs étant agencés sur le bâti et disposés respectivement de part et d'autre dudit axe de symétrie.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre  
20 comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 représente, en perspective, un exemple de réalisation du dispositif antivibratoire conforme à l'invention.

Les figures 2 à 6 représentent schématiquement différentes  
25 positions pouvant être occupées par le dispositif antivibratoire par suite de l'action de l'équipement mobile et du système d'entraînement, pour réduire les vibrations.

Le dispositif antivibratoire 1 illustré sur la figure 1 comprend

deux ensembles ou modules identiques 2, 3 de deux rotors ou arbres rotatifs chacun, respectivement 4, 5 et 6, 7, auxquels sont associées des masselottes respectives 4A, 5A et 6A, 7A excentrées par rapport aux axes de rotation des rotors. Dans cet  
5 exemple de réalisation, les deux ensembles 2, 3 sont disposés dans un plan commun vertical et sont séparés l'un de l'autre par rapport à un axe de symétrie A, alors horizontal. Les axes des rotors 4, 5, 6 et 7 sont parallèles entre eux (horizontaux dans ledit  
exemple) et orthogonaux à l'axe de symétrie A des ensembles  
10 identiques 2, 3 de sorte que les rotors sont opposés deux à deux, les rotors 4, 5 et 6, 7 étant équidistants d'un axe de symétrie B (vertical sur les figures 2 à 8) orthogonal à l'axe de symétrie A.

Un système d'entraînement 8 assure par ailleurs l'entraînement des rotors 4 à 7.

15 En outre, les rotors desdits ensembles sont portés, via des paliers non représentés, par un bâti 9 constitué d'un assemblage de plaques 9A et dont la base 9B peut être fixée, par des organes de fixation 10, à une structure vibrante de l'hélicoptère, non représentée.

20 Selon l'invention, pour entraîner le déphasage des rotors à masselottes excentrées et ainsi moduler l'amplitude de l'effort vibratoire résultant en fonction des vibrations à "traiter", le dispositif 1 comprend un équipement mobile 11 portant le système d'entraînement 8 et pouvant coulisser le long de l'axe de symétrie  
25 A, le système d'entraînement 8 étant commun à l'ensemble des rotors, et les deux rotors 4, 5 et 6, 7 de chaque ensemble tournant de façon contrarotative l'un par rapport à l'autre, de sorte que les deux rotors 4-6 symétriquement en vis-à-vis tournent dans le même sens et les deux autres rotors 5-7 dans le sens contraire.

30 En particulier, le système d'entraînement commun 8 se

compose d'un moteur unique 12 disposé entre les deux ensembles et dont l'axe de rotation de son arbre de sortie 12A est parallèle aux rotors 4, 5, 6, 7 et perpendiculaire à l'axe de symétrie A. le moteur unique 12 entraîne un lien sans fin 14 formant une boucle fermée et passant autour des rotors pour leur mise en mouvement. Dans ce mode de réalisation, le lien sans fin 14 est constitué par une courroie qui s'enroule autour de poulies 15 montées coaxialement sur les rotors. Les poulies ont un diamètre identique de sorte que, par rapport à l'axe de symétrie du dispositif, la longueur du brin 14A de la courroie 14 passant dans l'ensemble 2 est égale à la longueur du brin 14B passant dans l'ensemble 3.

Bien évidemment, les poulies 15 sont contenues dans un même plan vertical. Pour éviter l'apparition d'un roulement avec glissement, la courroie 14 est crantée et coopère alors avec des dentures correspondantes 15A ménagées à la périphérie des poulies 15. En variante, on pourrait utiliser un entraînement par chaîne et pignons.

Comme le montre la figure 1, la courroie crantée 14 s'enroule également autour de deux galets intermédiaires 16 tels que des poulies libres, identiques aux précédentes, respectivement disposés de part et d'autre de l'axe de symétrie A. Ces deux poulies intermédiaires 16 sont ainsi situées entre le moteur unique 12 et les ensembles respectifs 2, 3 et sont supportées par le bâti 9. Et chacune d'elles, en liaison avec son ensemble ou module concerné, permet aux deux rotors 4,5-6,7 d'un ensemble, via les poulies associées, de tourner en sens inverses l'un par rapport à l'autre. De plus, l'équipement mobile commandable 11 comporte deux galets, ou poulies, de mise sous tension identiques 17 agencés symétriquement l'un de l'autre par rapport à l'axe de symétrie A, pour permettre le réglage de la tension de la courroie 14.

En ce qui concerne l'équipement mobile commandable 11, il est composé, dans le mode de réalisation illustré, d'un chariot 18 agencé entre les deux ensembles 2, 3 et pouvant coulisser, dans le plan vertical du dispositif, le long de l'axe de symétrie A. Ce chariot 18 est structurellement lié de façon coulissante au bâti par une liaison de type glissière ou analogue non représentée, et porte les galets de mise sous tension 17 ainsi que le moteur unique 12 qui entraîne la courroie 14. De préférence, le déplacement du chariot selon l'axe de symétrie A est commandé par l'intermédiaire d'un servomoteur 19 prévu entre le bâti 9 et le chariot 18 et faisant partie d'un dispositif de contrôle de la fréquence et de l'amplitude de l'effort vibratoire global engendré par le dispositif antivibratoire 1. Ce dispositif de contrôle est constitué du servomoteur 19 asservissant la position du chariot 18 en fonction d'un premier signal électrique par exemple pour commander l'amplitude de l'effort vibratoire engendré par le dispositif 1, d'une pluralité de capteurs non représentés mesurant la position angulaire des rotors de chaque ensemble 2, 3 pour calculer le déphasage à produire entre les ensembles selon les vibrations à absorber, et d'une loi de régulation et d'asservissement de la vitesse de rotation du moteur unique 12 en fonction d'un second signal pour commander la fréquence.

Dans l'exemple illustré, le déphasage entre les rotors 4,6-5,7 à masselottes excentrées 4A, 6A-5A, 7A des deux ensembles, symétriquement en vis-à-vis par rapport à l'axe de symétrie A est donné par la relation  $\varphi = 2 \frac{d}{r}$ , où  $\varphi$  est le déphasage,  $d$  correspond au déplacement linéaire (course) du chariot le long de l'axe de symétrie et  $r$  correspond au rayon d'enroulement identique du lien sans fin autour du centre des rotors identiques.

Le fonctionnement du dispositif antivibratoire 1 et, en

particulier, du système d'entraînement 8 et de l'équipement mobile 11 sera maintenant décrit en regard des figures 2 à 6.

Tout d'abord, on précise que, sur ces figures, seul un galet ou poulie de mise sous tension 17 de la courroie 14 est représenté, lequel est alors disposé suivant l'axe de symétrie A et lié à l'équipement mobile 11. Le chariot 18 de ce dernier est symbolisé par un rectangle. Et on suppose que le moteur unique 12 du système d'entraînement 8 tourne dans le sens S indiqué sur la figure 2, de sorte que la courroie 14 s'enroule autour des poulies libres 16 dans le sens senestorsum. Le déphasage  $\varphi$  entre les rotors en vis-à-vis des ensembles est nul, les quatre masselottes excentrées 4A, 5A, 6A, 7A des rotors étant dans la même position angulaire, et dans cet exemple, le chariot 18 occupe alors l'une de ses deux positions limites de fin de course, à droite sur la figure 2.

Lorsque le moteur unique 12 tourne (à régime constant en fonctionnement nominal), les deux brins de la courroie 14 respectivement supérieur 14A (au-dessus de l'axe de symétrie A) et inférieur 14B (au-dessous de l'axe de symétrie A) sont animés de vitesses de même module V mais de sens opposés.

Les rotors 4-5, 6-7 de chaque ensemble 2, 3 sont animés d'une vitesse identique et tournent dans leur ensemble en sens opposé l'un de l'autre, mais dans des sens identiques pour les paires de rotors des ensembles, disposés symétriquement par rapport à l'axe A, c'est-à-dire les paires de rotors 4-6 et 5-7.

Pour obtenir par exemple un déphasage  $\varphi$  de 45° fourni par les capteurs entre les deux paires en vis-à-vis de rotors, le chariot 18 de l'équipement mobile 11 se déplace à une vitesse  $\underline{v}$  vers la gauche sous l'action du servomoteur 19, comme le montre la figure 3, selon l'axe de symétrie A et imprime son mouvement de translation aux deux brins 14A, 14B de la courroie 14. Sa tension

reste constante, donc identique, car la longueur de son parcours est inchangée (le déplacement du moteur unique compense celui du chariot). Les vitesses des brins respectives deviennent, pour le brin supérieur 14A, égale à  $V-v$  puisqu'il est tiré par le  
5 coulissement du chariot 18 et, pour le brin inférieur 14B, égale à  $V+v$  puisqu'il est poussé par ledit chariot.

Ainsi, comme les deux rotors 4-5 de l'ensemble 2 sont animés d'une vitesse différente de celle des rotors 6-7 de l'ensemble 3, il s'ensuit un déphasage progressif des masselottes  
10 excentrées 4A, 5A, 6A, 7A et, donc, un effort résultant vibratoire d'intensité et de direction du dispositif 1 déterminées correspondant aux vibrations à vaincre de la structure.

En particulier, dans le présent exemple, lorsque les deux rotors 4-5 de l'ensemble supérieur 2 sont dans la même position de  
15 référence que sur la figure 2 (leurs masselottes excentrées 4A et 5A étant toujours symétriques l'une de l'autre par rapport à l'axe B vertical sur les figures), les deux rotors 6-7 de l'ensemble inférieur 3 ont tourné de  $45^\circ$  supplémentaires, du fait de la différence de vitesse  $V+v$  et  $V-v$  (leurs masselottes excentrées 4B et 5B étant  
20 toujours symétriques l'une de l'autre par rapport à l'axe B vertical).

Le déphasage  $\varphi$  de  $45^\circ$  obtenu entre la paire 4,6 et la paire  
5,7 des rotors symétriques par rapport à l'axe A, et donc des masselottes excentrées, fournit l'amplitude et la direction de l'effort vibratoire résultant du dispositif 1, tandis que sa fréquence est  
25 fonction de la vitesse de rotation du moteur unique 12.

Les figures 4 à 6 montrent des exemples de déphasages remarquables du dispositif antivibratoire 1 respectivement égaux à  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  et  $180^\circ$  à la suite du déplacement vers la gauche, selon l'axe A, du chariot, le dernier déphasage de  $180^\circ$  correspondant à  
30 l'autre position limite de fin de course du chariot, à gauche sur la

figure 6. On ne décrira pas davantage le fonctionnement des rotors à masselottes excentrées des ensembles 2, 3 pour atteindre ces différents déphasages, fonctionnement qui découle de manière évidente des figures. Bien évidemment, toute autre valeur de  
5 déphasage entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$  peut être obtenue, seules des valeurs de déphasage remarquables ayant été illustrées.

On comprend donc que, grâce au dispositif 1 de l'invention, tout effort vibratoire résultant (amplitude et orientation) peut être délivré entre les deux valeurs extrêmes du déphasage ( $0$  à  $180^\circ$ )  
10 correspondant aux deux courses limites du chariot, c'est-à-dire compris entre un effort vibratoire nul quand l'influence des masselottes excentrées s'annule et un effort maximal quand l'influence des quatre masselottes excentrées s'ajoute.

En variante, le dispositif de contrôle peut estimer le  
15 déphasage des ensembles ou modules à partir de la position effective du chariot (et non à partir des capteurs associés aux rotors) puisqu'à une position du chariot selon l'axe A correspond un déphasage  $\varphi$ . Un étalonnage préalable liant la course du chariot au déphasage des ensembles est alors nécessaire.

20 De même, bien que les asservissements décrits soient du type électrique, on pourrait envisager, en fonction de contraintes particulières d'application, des asservissements de type mécanique, fluide, optique ou autre.

Par ailleurs, si le dispositif antivibratoire est utilisé seul avec  
25 un niveau d'effort vibratoire prédéterminé, on peut alors simplifier le dispositif de commande du chariot en remplaçant le servomoteur par une liaison de type vis-écrou pour le réglage du chariot selon l'axe, et par un contre-écrou pour le blocage.

L'orientation de l'effort vibratoire élémentaire de chaque

ensemble peut être réglée en décalant la position des centres de gravité des deux rotors à masselottes excentrées. Si les efforts élémentaires des deux ensembles ont la même orientation, alors l'effort vibratoire résultant global du dispositif avec cette  
5 orientation est une amplitude qui dépendra du déphasage entre les ensembles. Un tel décalage des balourds engendrés par les masselottes peut être obtenu manuellement par un réglage prédéterminé de la position des masselottes ou automatiquement par un asservissement spécifique.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif antivibratoire du type comportant au moins deux ensembles (2, 3) de deux rotors identiques chacun (4, 5-6, 7), à masselottes excentrées respectives (4A, 5A - 6A, 7A), lesdits  
5 ensembles étant disposés symétriquement par rapport à un axe de symétrie et les axes de rotation desdits rotors étant parallèles entre eux et orthogonaux audit axe de symétrie, un système d'entraînement (8) en rotation desdits rotors,

caractérisé :

- 10 - en ce qu'il comprend un équipement mobile commandable (11) portant ledit système d'entraînement (8) et pouvant coulisser le long dudit axe de symétrie pour entraîner le déphasage des rotors à masselottes excentrées des ensembles ; et
- en ce que ledit système d'entraînement (8) comporte un moteur  
15 unique (12) pour la rotation desdits rotors, à axe agencé perpendiculairement audit axe de symétrie, qui entraîne un lien sans fin passant autour desdits rotors (4, 5-6, 7), de sorte que les longueurs des brins du lien passant dans lesdits ensembles sont égales.

20 2. Dispositif selon la revendication 1,

caractérisé en ce que le déphasage  $\varphi$  entre les rotors à masselottes excentrées symétriquement en vis-à-vis (4,6 - 5,7) par rapport à l'axe de symétrie, est égal à la relation  $2\frac{d}{r}$ , où  $d$   
correspond au déplacement linéaire dudit équipement mobile (11)  
25 le long dudit axe de symétrie et  $r$  correspond au rayon d'enroulement identique du lien sans fin autour du centre desdits rotors.

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 2,

caractérisé en ce que la course du déplacement linéaire dudit équipement mobile (11) est délimitée par deux positions extrêmes, une première position pour laquelle le déphasage entre les rotors à  
5 masselottes excentrées est nul, et une seconde position pour laquelle le déphasage est égal à 180°.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce qu'il comporte au moins un servomoteur (19) pour asservir la position dudit équipement mobile (11), une  
10 pluralité de capteurs mesurant la position desdits rotors pour le calcul du déphasage entre lesdits ensembles et une loi de régulation et d'asservissement de la rotation dudit moteur unique.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que ledit équipement mobile commandable (11)  
15 est un chariot (18) coulissant selon ledit axe de symétrie et supportant ledit moteur unique (12).

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes 1 à 5,

caractérisé en ce que ledit lien sans fin (14) est une courroie et  
20 s'enroule autour de poulies (15), montées coaxialement sur lesdits rotors et sur ledit moteur unique, contenues dans un même plan.

7. Dispositif selon la revendication précédente,

caractérisé en ce que ladite courroie (14) est crantée et coopère avec des dentures correspondantes (15A) ménagées sur lesdites  
25 poulies (15).

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes 1 à

7,

caractérisé en ce que ledit équipement mobile commandable (11) comporte également au moins un galet de mise sous tension (17) dudit lien sans fin (14).

5           9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les deux ensembles (2, 3) sont portés par un bâti (9) pouvant être fixé à une structure vibrante, ledit équipement mobile commandable(11) étant monté de façon coulissante sur ledit bâti (9) selon l'axe de symétrie des deux ensembles (2,3).

10           10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes 1 à 9,

caractérisé en ce qu'il comprend, pour chaque ensemble (2, 3) de rotors, un galet rotatif intermédiaire (16) coopérant avec ledit lien (14) pour assurer l'entraînement contrarotatif des deux rotors, les  
15   deux galets rotatifs (16) étant agencés sur ledit bâti (9) et disposés respectivement de part et d'autre dudit axe de symétrie.

1/4

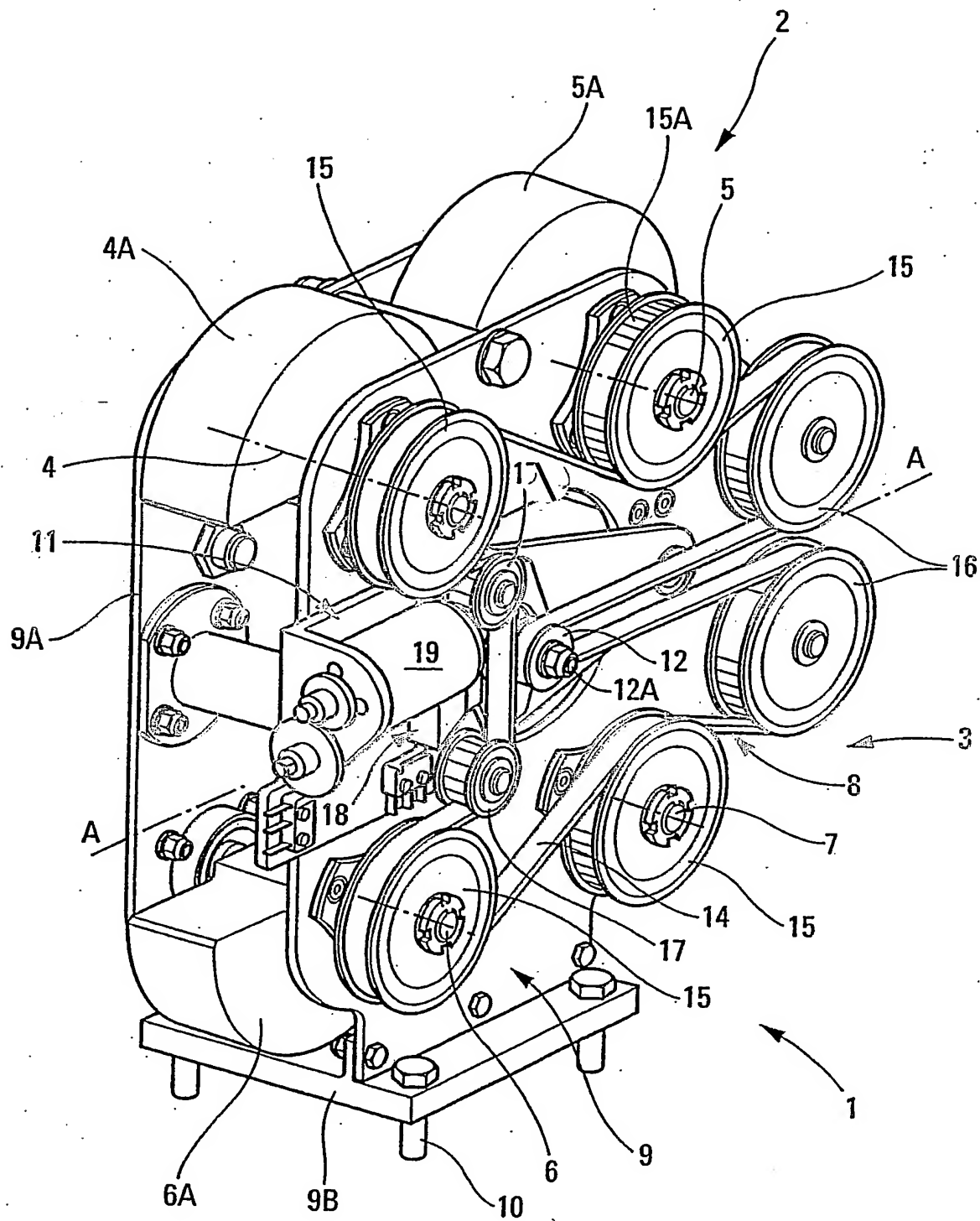


Fig. 1

2/4

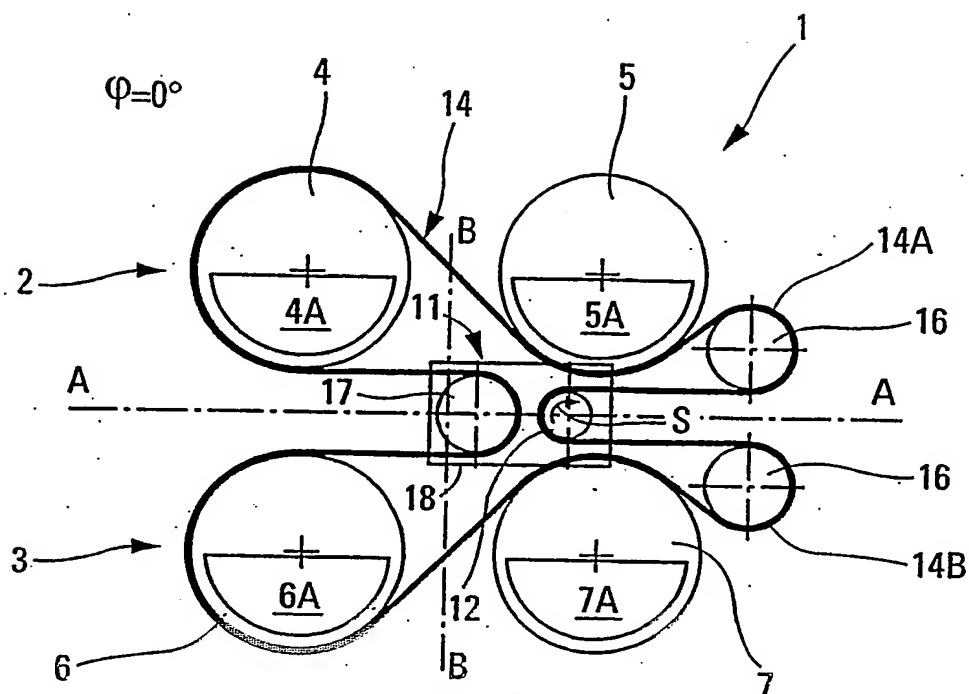


Fig. 2

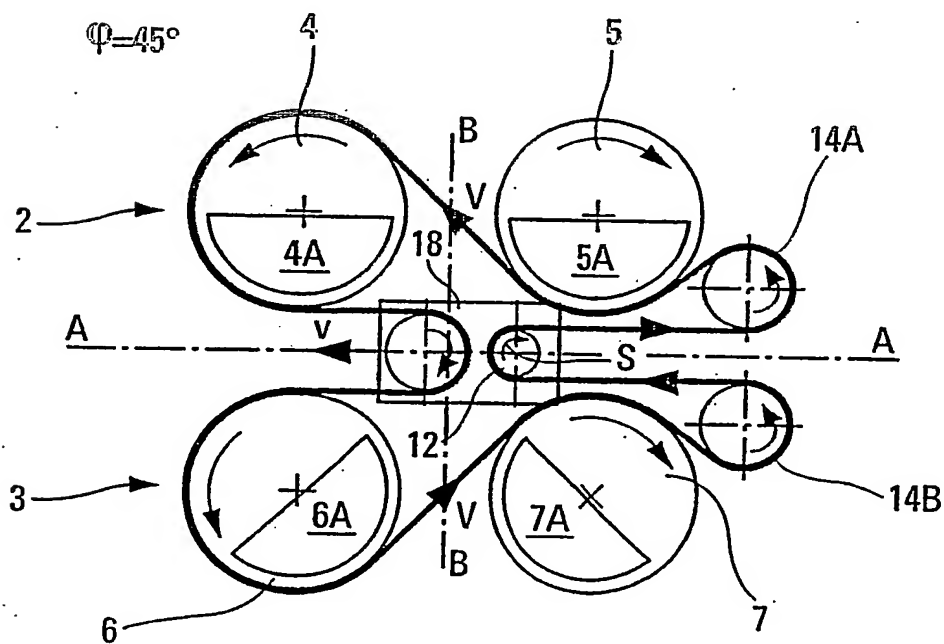


Fig. 3

3/4

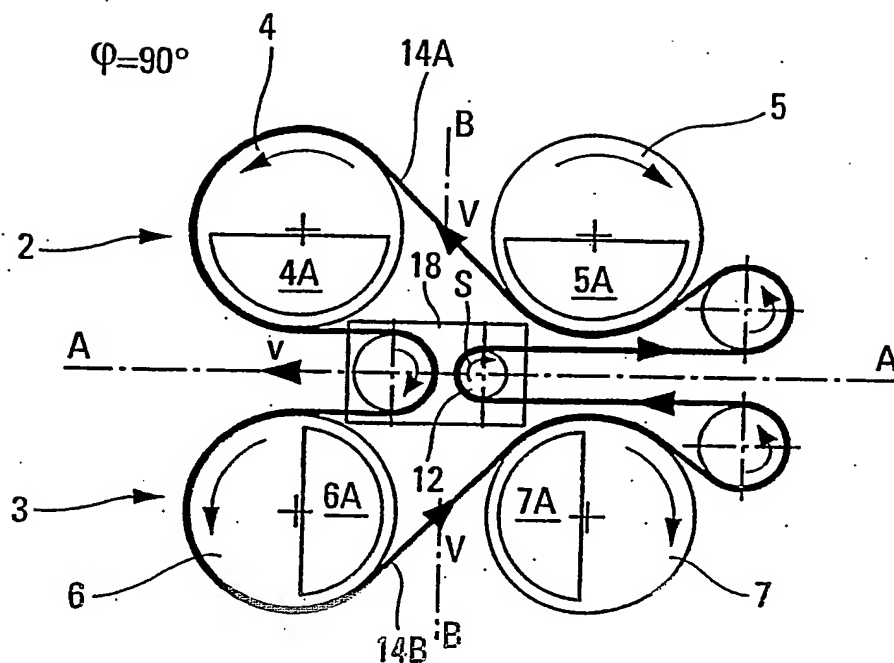


Fig. 4

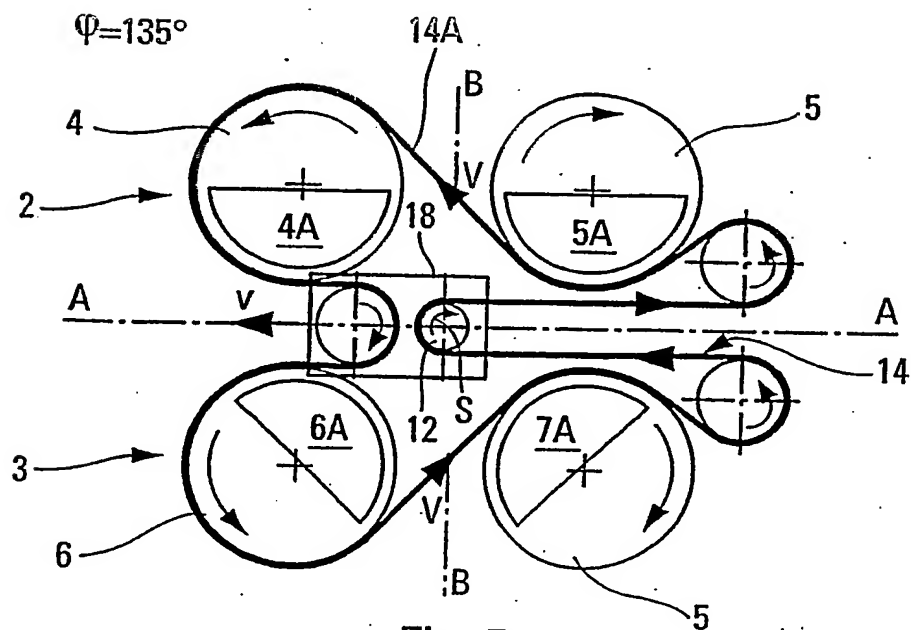


Fig. 5

4/4

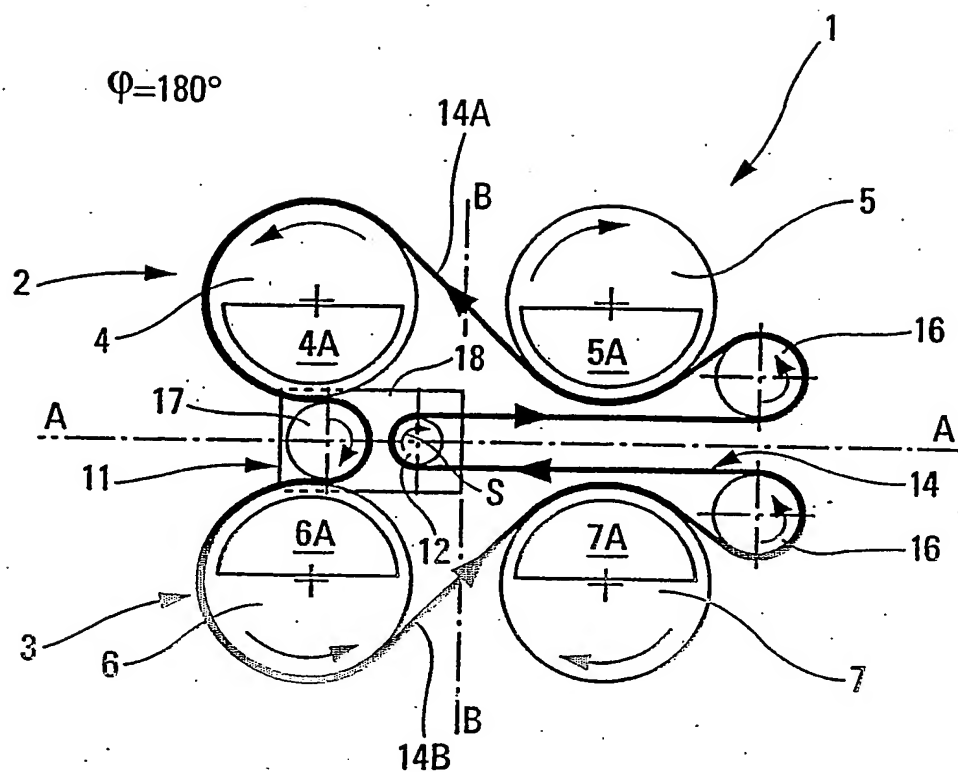


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/FR2004/000477A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 B06B1/16 B64C27/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B06B B64C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 400 510 A (BALBINOT ETS) 5 December 1990 (1990-12-05) column 3, lines 36-41 column 3, line 55 - column 4, line 30 figures 1-4	1-3,5-10
Y	-----	4
Y	US 5 903 077 A (REY GONZALO J ET AL) 11 May 1999 (1999-05-11) cited in the application abstract figure 6	4
A	----- WO 96/06290 A (SMIDTH & CO AS F L ;MADSEN JOHN GRAM (DK)) 29 February 1996 (1996-02-29) abstract figure 1	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 August 2004

Date of mailing of the international search report

17/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fritzen, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/000477

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0400510	A	05-12-1990	FR 2647705 A1	07-12-1990
			CA 2017041 A1	02-12-1990
			EP 0400510 A1	05-12-1990
			US 5067358 A	26-11-1991
US 5903077	A	11-05-1999	DE 19638695 A1	24-04-1997
			GB 2305488 A ,B	09-04-1997
			JP 9187729 A	22-07-1997
WO 9606290	A	29-02-1996	AU 3341395 A	14-03-1996
			CN 1156498 A ,B	06-08-1997
			DE 69502200 D1	28-05-1998
			DE 69502200 T2	13-08-1998
			WO 9606290 A1	29-02-1996
			DK 776431 T3	18-01-1999
			EP 0776431 A1	04-06-1997
			ES 2115394 T3	16-06-1998
			JP 10504633 T	06-05-1998
			SI 776431 T1	31-10-1998

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale  
PCT/FR2004/000477

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> CIB 7    B06B1/16    B64C27/00		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7    B06B    B64C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 400 510 A (BALBINOT ETS) 5 décembre 1990 (1990-12-05) colonne 3, ligne 36-41 colonne 3, ligne 55 - colonne 4, ligne 30 figures 1-4	1-3, 5-10
Y	----- US 5 903 077 A (REY GONZALO J ET AL) 11 mai 1999 (1999-05-11) cité dans la demande abrégé figure 6	4
Y	----- WO 96/06290 A (SMIDTH & CO AS F L ; MADSEN JOHN GRAM (DK)) 29 février 1996 (1996-02-29) abrégé figure 1	4
A	----- WO 96/06290 A (SMIDTH & CO AS F L ; MADSEN JOHN GRAM (DK)) 29 février 1996 (1996-02-29) abrégé figure 1	1
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</span> </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>*L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>*X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>*Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>*&amp;* document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">23 août 2004</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">17/09/2004</div>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tél. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Fritzen, C</div>

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements re

ix membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/000477

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0400510	A	05-12-1990	FR 2647705 A1	07-12-1990
			CA 2017041 A1	02-12-1990
			EP 0400510 A1	05-12-1990
			US 5067358 A	26-11-1991
US 5903077	A	11-05-1999	DE 19638695 A1	24-04-1997
			GB 2305488 A ,B	09-04-1997
			JP 9187729 A	22-07-1997
WO 9606290	A	29-02-1996	AU 3341395 A	14-03-1996
			CN 1156498 A ,B	06-08-1997
			DE 69502200 D1	28-05-1998
			DE 69502200 T2	13-08-1998
			WO 9606290 A1	29-02-1996
			DK 776431 T3	18-01-1999
			EP 0776431 A1	04-06-1997
			ES 2115394 T3	16-06-1998
			JP 10504633 T	06-05-1998
			SI 776431 T1	31-10-1998